بعض طرق تحديد اتجاه القبلة

وملاءمتها لمساجد مكة المكرمة

إعداد

أ. د. حسن بيلاني

رئيس قسم الهندسة الطبوغرافية

كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب

بحث مقدم إلى ندوة

مكة المكرمة عاصمة الثقافة الإسلامية ١٤٢٦هـ

ملخص البحث

تعتبر مسألة حساب وتجسيد الاتجاهات على سطح الكرة واحدة من أهم مسائل علم المثلثات الكروية. واتخذت هذه المسألة أهمية خاصة في الشريعة الإسلامية من خلال ارتباط عبادة الصلاة بتحديد اتجاه أساسي على سطح الأرض هو اتجاه مدينة مكة المكرّمة (اتجاه القبلة).

وتقسم هذه المسالة إلى مرحلتين: الأولى تتمثل بحساب اتجاه سمت القبلة، وهناك عدة طرق متبعة يمكن تصنيفها بشكل أساسي إلى تحليلية بالحساب أو ترسيمية بالخرائط أو ميكانيكية بالمحاكاة باستخدام آلات أو نماذج، ومعظمها يعطي اتجاه القبلة استناداً إلى اتجاه الشمال الجغرافي.

المرحلة الثانية تتمثل بتجسيد اتجاه القبلة على الواقع، وهناك طرق يمكن تصنيفها استناداً إلى الاتجاه المرجعي برصد القطب المغناطيسي أو نجم القطب أو الأقمار الصنعية أو الشمس أو النجوم.

إلا أن مدينة مكة المكرمة تكتسب خصوصية معينة في هذه المسالة باعتبار أن لكل نقطة فيها اتجاه نحو الكعبة المشرفة يختلف عن غيره، بينما في باقي مدن العالم يمكن اعتبار أن اتجاه القبلة في كل منها موحد.

في هذا البحث تمت دراسة طرق تحديد وتجسيد اتجاه القبلة من خلال استعراض خصائصها بتحليل هندسي، والتوصل إلى صياغة توصيات باستخدام كل منها، وبالتالي أنسب طريقة يمكن استخدامها في تحديد اتجاه المساجد في مكة المكرمة. وقد تم التوصل إلى أنه بالنسبة لحساب

اتجاه القبلة فيفضل استخدام الطريقة الترسيمية بالخارطة التي تعطي دقة مقبولة كما أن استخدامها متيسر للجميع بخلاف الطريقة التحليلية التي تتطلب معرفة بعلم المثلثات الكروية. أما بالنسبة لتجسيد اتجاه القبلة على الواقع فإن استخدام البوصلة المساحية يعتبر من أسهل وأسرع الطرق مع تحقيق الدقة المقبولة.

١- المقدمة:

تعتبر مسألة حساب وتجسيد الاتجاهات على سطح الكرة واحدة من أهم مسائل علم المثلثات الكروية. واتخذت هذه المسألة أهمية خاصة في الشريعة الإسلامية من خلال ارتباط عبادة الصلاة بتحديد اتجاه أساسي على سطح الأرض هو اتجاه مدينة مكة المكرّمة (اتجاه القبلة).

وتقسم هذه المسالة إلى مرحلتين [٧]: الأولى تتمثل بحساب اتجاه سمت القبلة، وهناك عدة طرق متبعة يمكن تصنيفها بشكل أساسي إلى تحليلية بالحساب أو ترسيمية بالخرائط أو ميكانيكية بالمحاكاة باستخدام آلات أو نماذج، ومعظمها يعطي اتجاه القبلة استناداً إلى اتجاه الشمال الجغرافي.

المرحلة الثانية تتمثل بتجسيد اتجاه القبلة على الواقع، وهناك طرق يمكن تصنيفها استناداً إلى الاتجاه المرجعي برصد القطب المغناطيسي أو نجم القطب أو الأقمار الصنعية أو الشمس أو النجوم.

إلا أن مدينة مكة المكرمة تكتسب خصوصية معينة في هذه المسالة باعتبار أن لكل نقطة فيها اتجاه نحو الكعبة المشرفة يختلف عن غيره، بينما في باقي مدن العالم يمكن اعتبار أن اتجاه القبلة في كل منها موحد.

لــذلك فعنــد إنــشاء أي مــسجد في منطقــة مكــة المكرمــة يــتم حـساب اتجـاه القبلـة بالنـسبة للـشمال الجغـرافي، ومـن ثـم اختيـار لطريقـة تجسيد هذا الاتجاه على الواقع.

٢- أهمية الموضوع

علـى الـرغم مـن بـساطة مـسألة تحديـد اتجـاه القبلـة فـلا زالـت هنـاك بعـض الإشـكاليات الـتي تظهـر مـن خـلال تعـدد طـرق أو وسـائل الحـساب والتجـسيد. وتــأتي أهميــة هــذا البحــث مــن خــلال تحليــل لهــذه الطــرق والوسائل للوصول إلى توصيات عملية حول استخدامها.

٣- حدود البحث:

حـدود البحـث الآتـي ذكرهـا فيمـا يلـي تم تحديـدها انطلاقـاً مـن الطـرق والإمكانيـات الـتي يعتقـد أنهـا بمتنـاول أي مهنـدس، علمـاً أن هنـاك طـرق أو إمكانيــات أخــرى دقيقــة مثــل اســتخدام مــستقبلات GPS التفاضــلي أو التيودوليــت الجيروســكوبي، والــتي قــد لا تتــوفر إلا في بعــض المراكــز والهيئات العلمية.

- دراسة طريقتين من طرق حساب اتجاه القبلة وهي:
  - ✓ الطريقــة التحليليــة الــتي تعتمــد علــى حــل مباشــر للمثلثــات الكروية.
  - ✓ الطريقة الترسيمية التي تعتمد على استخدام الخرائط.
- دراسـة ثلاثـة نمـاذج مـن أسـاليب تجـسيد اتجـاه الـشمال ومـن ثم اتجاه القبلة على الواقع وهي:
  - ✓ استناداً إلى القطب المغناطيسي بالبوصلة.

- ✓ استناداً إلى نجم القطب بالتيودولايت.
- ✓ استناداً إلى اتجاه مرجعي محدد بأجهزة GPS المحمولة مع استخدام التيودولايت.

٤- حساب اتجاه القبلة

٤- ١ الطريقة التحليلية التي تعتمد على حل مباشر للمثلثات الكروية [1]

من المعلوم أنه في أي مثلث كروي يربط بين القطب وأي نقطتين ١ و ٢ على الكرة تتحقق العلاقتان الآتيتان:

$$\sin\alpha \ \sin z = \cos\varphi_2 \ \sin(\lambda_2 - \lambda_1) \qquad (1)$$

$$\cos\alpha \ \sin z = \sin\varphi_2 \cos\varphi_1 - \cos\varphi_2 \sin\varphi_1 \ \cos(\lambda_2 - \lambda_1) \qquad (2)$$

فإذا نسبنا هاتين المعادلتين إلى بعضهما نحصل على العلاقة الآتية:

$$tg\,\alpha = \frac{\cos\varphi_2 \ \sin(\lambda_2 - \lambda_1)}{\sin\varphi_2 \cos\varphi_1 - \cos\varphi_2 \sin\varphi_1 \ \cos(\lambda_2 - \lambda_1)}$$

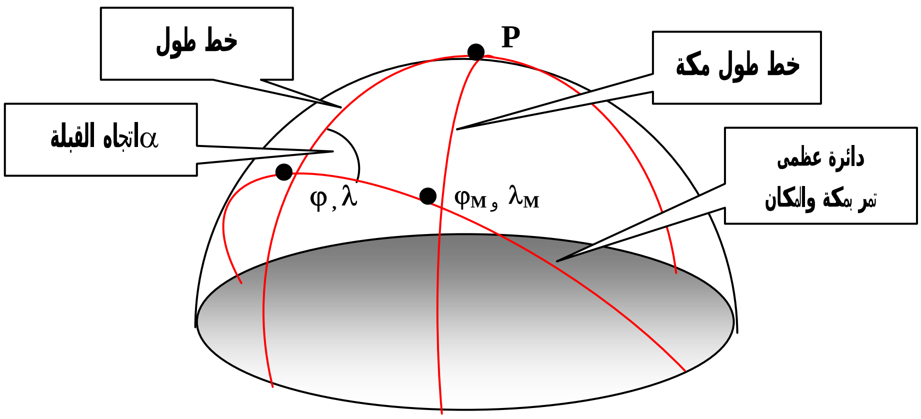
وبالنسبة لمكة ومدينة أخرى وباعتبار الشكل (١) يمكن صياغتها بالشكل الآتي:

$$tg\,\alpha = \frac{\cos\varphi_M \ \sin(\lambda_M - \lambda)}{\sin\varphi_M \cos\varphi - \cos\varphi_M \sin\varphi \ \cos(\lambda_M - \lambda)} \qquad (3)$$

حيث

φ, λ إحداثيات مكان تحديد القبلة

φ_M ,λ_M إحـــداثيات مكـــة المكرمـــة (الكعبـــة المـــشرفة) (الشكل ١)



الشكل ١) – يتشكل مثلث كروي دوماً بين أي موقع والقطب الشمالي ومدينة مكة المكرمة

هـذه العلاقـة تعطـي حـلاً رياضـياً للزاويـة α ويبقـى أن نحـدد الاتجـاه اعتمـاداً علـى الوضـع النـسبي للنقطـتين، أي أن نحـدد في أي ربـع موجـودة الزاوية α.

ومـع ملاحظـة الطـرف الأيـسر في كـل مـن المعـادلتين (١) و (٢)، يمكـن مناقـشة إشـارة كـل مـن بـسط ومقـام الكـسر في العلاقـة (٣)، وبالتالي يمكن ملاحظة الحالات الآتية:

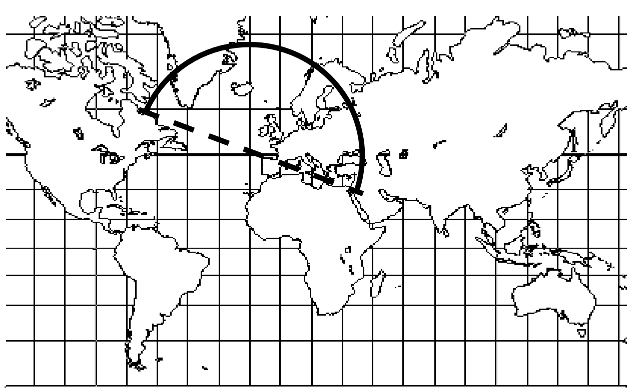
$\frac{+}{+}$ في الربـع الأول وتعتبـر α الناتجـة مـن العلاقـة هـي نفـسها الاتجـاه إلى الكعبة المشرفة.

$\frac{+}{-}$ في الربـع الثـاني أو $\frac{-}{-}$ في الربـع الثالـث، يحـسب الاتجـاه إلى الكعبـة من العلاقة

$\alpha+180°$ = α_1 باعتبار أن α يمكن أن تكون سالبة أو موجبة على التوالي.

في الربع الرابع ويحسب الاتجاه إلى الكعبة من العلاقة α_1 $\mp$ $=\alpha+360°$

في الواقع وفي الأماكن البعيدة عن مكة المكرمة لا يمكن الحكم على الاتجاه المحسوب من خلال الموقع بالنسبة لمكة المكرمة. فالمعادلة (٣) قد تعطي حلولاً لا تبدو منطقية لمن يتأمل خارطة أو يعتبر الفرق النسبي بخطوط الطول والعرض، وهذا ما حصل في مناطق شمال كندا مثلاً. فاتجاه القبلة يمثله أقصر مسافة على سطح الكرة باتجاه مكة المكرمة. ولكن في الحالة العامة تمثيل أو صورة هذه المسافة في جميع نظم الإسقاط عبارة عن منحني وليس مستقيم، باستثناء نظام الإسقاط المركزي. لذلك فإن مبدأ "المستقيم اقصر مسافة بين نقطتين" غير صحيح في الخارطة، وهنا تكمن إحدى إشكاليات تحديد اتجاه القبلة، عندما يلجأ البعض لرسم مستقيم من نقطة ما باتجاه مدينة مكة المكرمة معتقداً بأنه اتجاه القبلة أو أقصر مسافة.



(الشكل ٢) –الفرق الكبير بين اتجاه القبلة الصحيح (خط متصل) والخاطئ (خط متقطع)

ويلاحظ في الشكل (٢) الفرق الكبير بين اتجاه القبلة الصحيح (المنحني) والاتجاه الخاطئ (المستقيم) من نقطة في شمال كندا. [٣]

وفي الحقيقة المعادلة (٣) تعطي مباشرة اتجاه أقصر مسافة على الكرة باتجاه مكة المكرمة.

أما بالنسبة لمدينة مكة المكرمة فلن يظهر هكذا إشكال في استخدام العلاقة (٣) بسبب قصر المسافة إلى الكعبة المشرفة. وتظهر فعالية العلاقة (٣) خاصة في مكة المكرمة، باعتبار أن التغيرات الطفيفة في قيم كل من خطوط الطول والعرض ينتج عنها تغيرات كبيرة في الاتجاه المحسوب. وباعتبار أن مقام العلاقة (٣) لا يحوي قيماً صغيرة فلا إشكال من استخدامها في حدود مدينة ما مثل مكة المكرمة.

تطبيق:

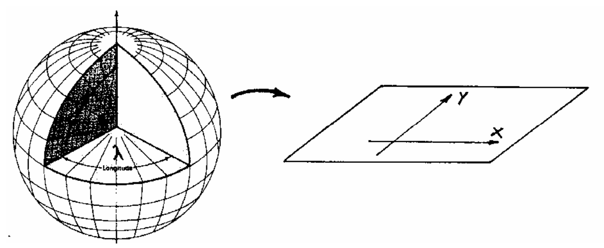
حساب اتجاه القبلة في نقطة إحداثياتها (٣٩،٨٠ , ٢٥،٤٥) بمنطقة الزاهر[1]، وبتطبيق العلاقة (٣) نحصل على α_1 =١٣٧°،٩١. بينما في نقطة إحداثياتها (٣٩،٨٥ , ٢٥،٤٥) في منطقة الفيصلية اتجاه القبلة α_1 =٢٣٣°،٥٧.

٤- ٢ الطريقة الترسيمية التي تعتمد على استخدام الخرائط [٤]

يمكن تعريف الخارطة تحليلياً بأنها تمثيل لسطح الكرة المعرّفة بإحداثيات منحنية (φ,λ)، بشكل صورة مستوية معرّفة

[1] المرجع: خارطة مكة المكرمة، مقياس ١/٥٠٠٠٠ ، وزارة الدفاع والطيران السعودية، ١٤٢١هـ.

بإحداثيات مستوية(x,y) ويسمى هذا التمثيل بنظام الإسقاط.



الشكل (٣) – عملية تمثيل سطح الكرة في المستوي

ويرافق هذا الانتقال، بشكل عام، حصول تشوهات في الأطوال والمساحات والزوايا. ولكن يمكن الحصول على بعض أنواع أنظمة الإسقاط بتطبيق شروط هندسية كالمحافظة على الزوايا أو المساحات أو بعض الأطوال. ما يهمنا في هذه المسألة هو الحصول على خارطة تحافظ على الاتجاهات بدون تشوه، أي إمكانية قياس الاتجاه نحو الكعبة المشرفة مباشرة من الخارطة.

من ناحية أخرى من المجدي الحصول على خارطة تعطي مباشرة في أي نقطة منها القراءة الدالة على اتجاه القبلة دون القيام بعملية القياس. وهذا لا يمكن أن يحصل إلا بوجود خطوط الاتجاه على الخارطة أي حزمة مستقيمات تلتقي في نقطة واحدة هي مركز الكعبة المشرفة. أما عدد هذه المستقيمات فيعتمد على مقياس الخارطة. فلو اعتبرنا أن الدقة المسموح بها في تحديد اتجاه القبلة هي نصف درجة قوسية (وهي أكبر دقة يمكن الحصول عليها في البوصلة المساحية المزودة بمنظار)، وأن هذه القيمة يجب أن تميز بسهولة على محيط دائرة في وسط الخارطة، أي ألا يقل طولها عن ٢ مم، فإن

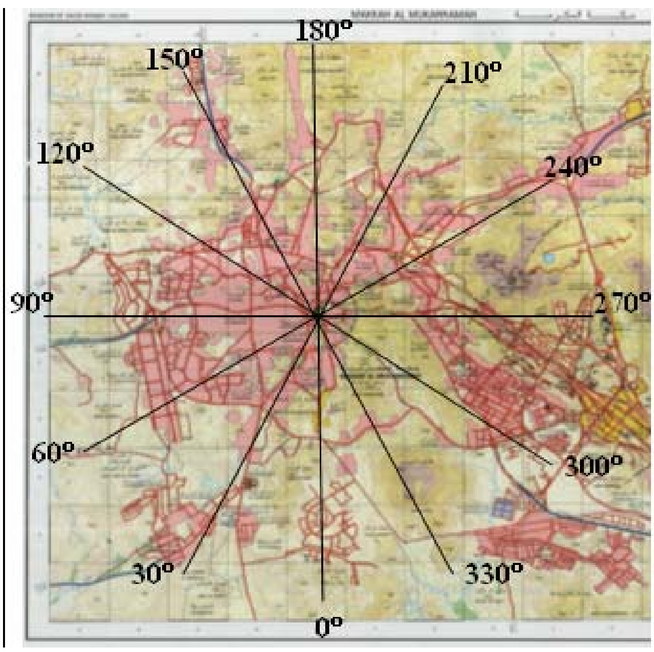
المحيط الأوسط لمدينة مكة يجب أن لا يقل عن /٧٢٠/ مم أي بقطر /٢٣/ سم وبالتالي قطر الدائرة المحيطة بمكة(المحيط الخارجي) يساوي /٤٦/ سم، أي أن المقياس الأصغري لهكذا خارطة يجب ألا يقل عن ١/٥٠٠٠٠ باعتبار أن قطر مدينة مكة بحدود /٢٥/كم.

إن الحصول على الخارطة المذكورة أعلاه يتم فقط في حالة استخدام نظام الإسقاط الستيريوغرافي (Stereographic Projection)، وهذا الإسقاط يحسب من المعادلات الآتية [٢]:

$$\left.\begin{aligned} X &= \frac{2R\cos\varphi_M \ \sin(\lambda_M-\lambda)}{1+\left[\sin\varphi_M \sin\varphi + \cos\varphi_M \cos\varphi \ \cos(\lambda_M-\lambda)\right]} \\ Y &= \frac{2R\left[\cos\varphi_M \sin\varphi - \sin\varphi_M \cos\varphi \ \cos(\lambda_M-\lambda)\right]}{1+\left[\sin\varphi_M \sin\varphi + \cos\varphi_M \cos\varphi \ \cos(\lambda_M-\lambda)\right]} \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

حيث X,Y الإحداثيات التربيعية (الديكارتية) في منظومة مبدؤها الكعبة المشرفة. ولكن قد لا تكون هناك خارطة متوفرة بهذه المواصفات، في هذه الحالة يمكن الحصول عليها إما من خارطة أخرى للمنطقة أو من صورة جويّة حيث يحول نظام إسقاط الخارطة أو الصورة إلى النظام الستيريوغرافي من خلال عملية المسح الضوئي ومن ثم التحويل الهندسي بإحدى طرق التحويل المعروفة اعتماداً على مجموعة نقاط تحكم. وفي هذه الحالة ينصح باستخدام الصورة الجوية كونها أقرب لنظام الإسقاط الستيريوغرافي مما ينعكس على دقة عملية التحويل.

بعد عملية التحويل والحصول على خارطة أو صورة بالإسقاط الستيريوغرافي يصبح بالإمكان رسم حزمة مستقيمات منطلقة من مركز الكعبة المشرفة بجميع الاتجاهات وبتباعد يتناسب مع مقياس الخارطة (الشكل ٤).



الشكل (٤)– حزمة خطوط الاتجاه فوق خلفية الصورة المحولة إلى النظام الستيريوغرافي[1].

تطبيق:

لتحديد اتجاه القبلة في كل من النقطتين المذكورتين في المثال المذكور أعلاه، نحدد موقع هاتين النقطتين على الخارطة، ومن ثم

[1] الخارطة في خلفية الشكل غير محولة للنظام الستيريوغرافي، إلا أنها قريبة منه إذ أنها مستنتجة من صورة جوية. وقد تم استخدام هذه الخارطة في هذا البحث لتوضيح فكرة خارطة اتجاه القبلة.

نقرأ قيمة الاتجاه من مستقيم الحزمة المار بكل من هاتين النقطتين، مع التنويه إلى أن كثافة الحزمة يمكن أن تكون لكل درجة، وبالتالي دقة القراءة قد تصل إلى أقل من ربع درجة في المناطق المحيطية. نتيجة هذا التطبيق ستكون متوافقة مع القيم الناتجة في المثال السابق.

إن القراءات من هذه الحزمة تدل مباشرة على اتجاه القبلة منسوبة للقطب الشمالي. ولكن يمكن الحصول على حزمة أخرى تعطي الاتجاه منسوباً للقطب المغناطيسي وذلك بإضافة قيمة الانحراف المغناطيسي إلى كل مستقيم بالحزمة مما يعني دوراناً للحزمة بمقدار قيمة الانحراف في مكة المكرمة.

في الواقع الانحراف المغناطيسي يمكن أن يتغير نتيجة لأسباب عدة [٢]:

- التغيرات الجغرافية: تتبدل زاوية الانحراف المغناطيسي من نقطة لأخرى على سطح الأرض. ويكون هذا التبدل بطيئاً في حدود مدينة ما بحيث يمكن إهماله. فمن أجل انتقال بحدود /٥/ كم يكون هذا التبدل بحدود /٣/ سنتيغراد. وتوضع عادة خريطة خطوط تساوي الانحراف المغناطيسي (Isogonic) لدولة ما.

- التغيرات اليومية: تتأرجح قيمة زاوية الانحراف المغناطيسي خلال اليوم وتبدي تبدلاً لا يتجاوز /١٠/سنتيغراد. لذلك تعتمد دائماً القيمة الوسطية لليوم من أجل /١/ كانون الثاني.

- التغيرات الشهرية والسنوية والقرنية: إن تبدلات القيمة الوسطية للانحراف المغناطيسي على مدى الشهر والسنة والقرن تعتبر ضئيلة وغير منتظمة.

- التغيرات العرضية: وهي ما تسمى بالاضطرابات المغناطيسية ومدتها قصيرة إلا أنها يمكن أن تعطي قيماً كبيرة للانحراف المغناطيسي قد تصل على /٣/ غراد.

- التغيرات المكانية: هذه التغيرات يمكن أن تنتج عن وجود بعض الكتل المعدنية أو الصخور المغناطيسية.

مما ذكر أعلاه يتبين أنه بعد التأكد من عدم تأثير التغيرات العرضية والمكانية[١]، يمكن اعتبار الانحراف المغناطيسي ثابتاً في حدود مدينة ما في وقت ما خاصة إذا أخذنا بنظر الاعتبار طبيعة المسالة المطروحة وهي تحديد اتجاه القبلة.

٥- تجسيد اتجاه القبلة على الواقع

٥- ١ تجسيد اتجاه القبلة استناداً إلى القطب المغناطيسي بالبوصلة.

هذه الطريقة تعتمد على اتجاه القطب المغناطيسي كمرجع في الاتجاه. إلا أن هذا المرجع ليس دقيقاً وليس ثابتاً. فمن المعلوم أن المجال المغناطيسي الأرضي يعاني من تغيرات بسبب مؤثرات كونية أو من داخل الأرض، بالإضافة لتغيرات عارضة بسبب مؤثرات مكانية كالكتل المعدنية. فإذا اعتبرنا أنه في فترة زمنية محددة يمكن تحديد الانحراف المغناطيسي δ بدقة كافية، كما يمكن حساب اتجاه القبلة α_1 حسابياً بالنسبة للقطب الشمالي، فإن اتجاه القبلة المغناطيسي يعطى بالعلاقة $\alpha_M = \alpha_1 + \delta$ باعتبار أن δ قيمة جبرية يمكن أن تكون سالبة أو موجبة حسبما يكون الانحراف شرقاً أو

[١] يتم التأكد من عدم وجود تغيرات عرضية بإجراء عدة قياسات خلال اليوم. أما التغيرات المكانية فيتم التأكد منها بإجراء رصد مباشر وعكسي بين نقطتين.

غرباً. وبالتالي يمكن توقيع هذه الزاوية α_M باستخدام البوصلة المغناطيسية.

أما بالنسبة لدقة استخدام البوصلة فإنها تتعلق بمواصفات البوصلة نفسها[١]. فمن المعلوم أن دقة تمييز العين المجردة هي بحدود ٠,٣ مم على بعد ٣٠ سم، فإذا فرضنا أنه يمكن قبول دقة ٠,٥ درجة في تجسيد اتجاه القبلة فهذا يعني أن مجال التدريجة الواحدة يجب أن لا يقل عن ٠,٦ مم، أي أن قطر البوصلة يجب ألا يقل عن ٧ سم ($\frac{0.6 x 360}{\pi}$). بالإضافة إلى ذلك يجب أن تزود البوصلة بنظارة (تلسكوب) مرتبطة بإطارها ومنطبقة مع اتجاه التدريجة (N) وهذا متوفر بنماذج قليلة من البوصلات والأجهزة المساحية. لذلك يجب استخدام البوصلة المناسبة مع تجنب المؤثرات المكانية التي تؤثر على دقة النتائج.

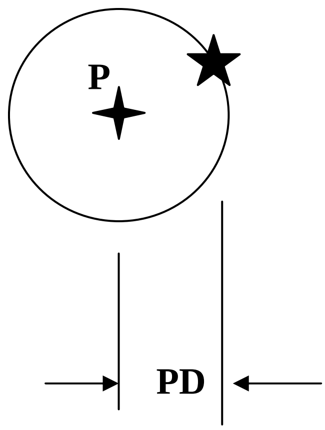
٥– ٢ تجسيد اتجاه القبلة استناداً إلى نجم القطب بالتيودولايت.

من المعلوم أن هناك نقطة وهمية مرجعية في القبة السماوية تقع على امتداد محور دوران الأرض وهي القطب الشمالي. وهناك حالياً[٢] نجم قريب من هذه النقطة على بعد حوالي درجة واحدة منها يسمى

[١] بالنسبة للمناطق البعيدة عن مكة المكرمة فإن جميع الأجهزة تشترك مع بعضها بصفة دقة التوجيه. فأفضل الأجهزة، لها حدود للدقة تعطي خطأ في التوجيه نحو شطر الكعبة المشرفة، يتناسب مع البعد عنها.

[٢] بسبب نوسان محور الأرض دورة كل /٢٦٠٠٠/ سنة، فإن نجم القطب يتحرك مبتعداً عن القطب الشمالي بحيث لن يكون مفيداً للاستدلال بواسطته على نقطة القطب. لذلك فإن مجاورة نجم القطب للقطب الشمالي مسألة وقتية.

بـنجم القطـب يـستخدم للاسـتدلال علـى هـذه النقطـة الـتي برصـدها نحصل على الشمال الجغرافي (الشكل ٥).



(الشكل ٥) – دوران نجم القطب حول القطب الشمالي

لـذلك وبـسبب دوران الأرض يجـب حـساب قيمـة الانحـراف PD في لحظـة الرصـد مـن أجـل تحديـد اتجـاه الـشمال. إن مبـدأ الزاويـة α المحـسوبة مـن العلاقـة (٣) هـو نقطـة القطـب P ، لـذلك عنـد تجـسيد اتجـاه القبلـة علـى الأرض انطلاقـاً مـن نجـم القطـب، يجـب إضـافة أو طـرح قيمـة الانحـراف PD مـن الزاويـة α_1 المحـسوبة. هـذا الإجـراء يمكـن أن يتم من خلال العلاقات التجريبية الآتية:

$$T = 2(M + 1.2) + \frac{D + \lambda}{15} + GMT + 12 \qquad (5)$$

$$PD = -62' \sin(15\,T) \qquad (6)$$

حيث

M تسلسل الشهر الميلادي (١ – ١٢)

D تسلسل اليوم في الشهر (١- ٣١)

GMT توقيت غرينتش لحظة الرصد

λ خط طول المكان (بالدرجات)

$$\alpha^* = \alpha_1 + \frac{\mathbf{PD}}{\mathbf{60}} \qquad \mathbf{(7)}$$

وهي قيمة اتجاه القبلة انطلاقاً من نجم القطب.

واضح من الشكل (٥) أن هناك وقتان يتحقق فيهما انطباق جهة الشمال الجغرافي مع اتجاه نجم القطب، وهذا يتوافق مع كون قيمة T في العلاقة (٦) مساوية /٢٤/.

تطبيق:

لتحديد زاوية انحراف نجم القطب عن الشمال الجغرافي في الساعة /١٩ GMT/ من اليوم /٧/ من الشهر /٤/ في مدينة مكة المكرمة، نطبق العلاقتين (٥) و (٦) فنحصل على: ٤٤,٥٢ = T أي (T = ٢٠,٥٢ ، و PD = + ٤٨'.٩٨)

استخدام هذه الطريقة يتطلب الرصد ليلاً فقط وبسماء صافية، أي أنها غير متاحة دوماً.

٥– ٣ استناداً إلى الأقمار الصنعية بتقنية GPS.

٥ – ٣– ١تمهيد

طورت وزارة الدفاع الأمريكية نظام تحديد مواقع عالمي دعي بـ GPS مؤلفاً من /٢٤/ قمراً صنعياً تدور حول الأرض في مسارات مرتفعة، وهناك نظام روسي مشابه يدعى GLONASS. ويعتمد مبدأ تحديد الموقع في هذا النظام على تلقي إشارات موجية في جهاز استقبال موجود في مكان تحديد الموقع من أربعة أقمار على الأقل. هذه

الإشارات تعني موقع القمر والمسافات إلى جهاز الاستقبال، وباعتبار أن موقع كل قمر معلوم في لحظة القياس، فإن تقاطع هذه المسافات يعيّن موقع نقطة في الفراغ. إن دقة تحديد الموقع تعتمد على عدد ووضعية الأقمار أثناء الرصد، كما وتعتمد على المستقبل، فهناك الأجهزة المحمولة Navigator والتفاضلية DIFFERENTIAL.

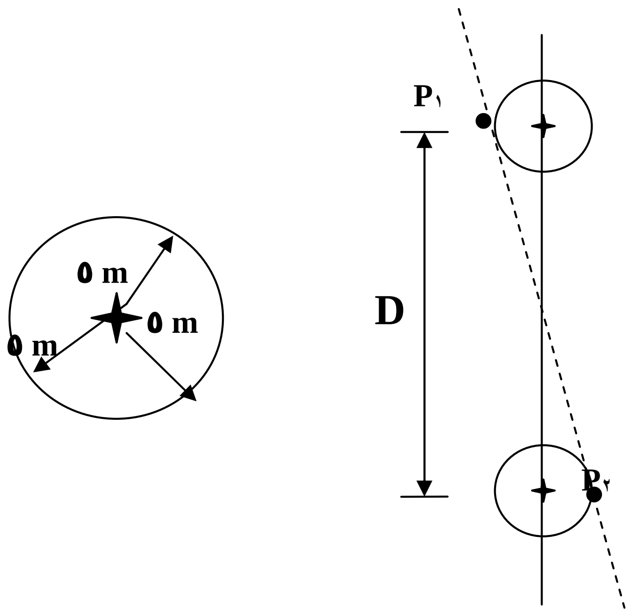
٥- ٣- ٢ دقة تحديد الاتجاه استناداً إلى الأقمار الصناعية بتقنية GPS.

إن الأجهزة المتاحة لتحديد المواقع بالاقمار الصنعية GPS هي غالباً الأجهزة المحمولة Navigator. ومن المعلوم أن دقة تحديد نقطة بهذه الأجهزة هي بحدود ٥ م. وفي حال توفر خدمة WAAS فإن دقة هذه الأجهزة يمكن أن تكون ديسيمترية.

إن دور هذه الأجهزة في مسألة تحديد القبلة هو تحديد اتجاه مرجعي على الأرض بمكن انطلاقاً منه وبواسطة التيودولايت توقيع اتجاه القبلة بدقة. وكما هو معلوم فإن الاتجاه المرجعي يتحدد بنقطتين. فإذا كانت دقة جهاز GPS هي ٥ م، فإن موقع النقطة الأولى المرصودة P_1 يقع على محيط دائرة نصف قطرها ٥ م ومركزها الموقع الصحيح للنقطة (الشكل ٨). نفس الاعتبار ينطبق على النقطة P_2. بناءً على ذلك فإن خطأ الاتجاه يمكن أن يكون معدوماً عندما تقع النقطتان على خط المركزين، أو أن يأخذ قيماً أعظمية كما هو واضح في الشكل ٨. وباعتبار أن طبيعة هذه الأخطاء عشوائية، فإن نظرية الأخطاء [٢] تنص على أنه يمكن توقع خطأ خطي أعظمي

مقداره $5\sqrt{2}$م، أي $\frac{5\sqrt{2}}{D}$ بالاتجاه، وهذا يعادل حوالي ٤ درجة لمسافة ١٠٠ م، وينقص الخطأ مع زيادة المسافة. وبما أن توقيع اتجاه القبلة سيتم بواسطة التيودولايت المتمركز فوق إحدى النقطتين وباتجاه مرجعي نحو الأخرى، فإن دقة هذا الاتجاه تتناسب عكساً مع المسافة D. فإذا قبلنا بخطأ نصف درجة في تجسيد القبلة، فهذا يعني حسب نظرية الأخطاء وجوب توجيه التيودولايت على مسافة ٨٠٠م باتجاه مفتوح نحو النقطة الأخرى، ويفضل أن يكون شمالاً أو جنوباً لتجنب عملية حساب الاتجاه المرجعي بين النقطتين.

أما في حال وصلت دقة الجهاز المحمول إلى ١ م، فإن المسافة المطلوبة لتوقيع الاتجاه المرجعي (مع قبول خطأ نصف درجة في اتجاه القبلة) هي بحدود ١٦٠م، وهذه وضعية متاحة في مدينة مكة المكرمة، بخلاف الحالة السابقة حيث لا يمكن ضمان اتجاه مرئي للتيودولايت بحدود ٨٠٠م وخاصة في مدينة مكة المكرمة ذات التضاريس المتباينة. لذلك لا يصح استخدام GPS في تجسيد اتجاه القبلة في هذه المدينة إلا في حال استخدام الأجهزة المحمولة ذات الدقة العالية.



(الشكل ٨) – خطأ استخدام GPS المحمول في تحديد الاتجاه

٦– الخلاصة :

مما سبق يمكن استخلاص النتائج الآتية:

- تعتبر الطريقة التحليلية في حساب اتجاه القبلة من أدق الطرق، وتعتبر العلاقة (٣) في الفقرة (٤- ١) علاقة شاملة لحساب اتجاه القبلة في مساجد مكة وفي غيرها من الأماكن على سطح الأرض.
- تعتبر طريقة تحديد اتجاه القبلة من خارطة مصممة بنظام الإسقاط الستيريوغرافي أسرع من الطريقة السابقة ودقتها مقبولة بالنسبة لمسألة تحديد اتجاه القبلة في مساجد مكة

وينصح باستخدامها، خاصة وأن الطريقة التحليلية تتطلب معرفة في عمل المثلثات الكروية. أما إصدار خارطة الاتجاه فيمكن أن تتم لمرة واحدة وتصبح بعدها الخارطة في متناول الجميع، كما يمكن تحديثها كل فترة بما يتناسب مع التغيرات في الانحراف المغناطيسي.

- طرق تجسيد اتجاه القبلة يختلف بعضها عن بعض من حيث الدقة وإمكانية التطبيق. فالاعتماد على القطب المغناطيسي يتطلب بوصلة مساحية خاصة وبعيدة عن مؤثرات المحيط. واستخدام نظام تحديد الموقع العالمي GPS بأجهزته العادية المتاحة لا يعطي دقة مقبولة إلا في مناطق مفتوحة بامتداد لا يقل عن ٨٠٠م. أما طريقة الاعتماد على نجم القطب فتعتبر أدق من كلا الطريقتين المذكورتين أعلاه، إلا أنه يتطلب العمل ليلاً وبسماء صافية. وبالتالي يعتبر استخدام البوصلة المساحية من أسهل وأسرع الطرق.

المراجـــع

١ــ بيلانـــي حـــسن، ١٩٩٦ - الجيوديزيـــا (الارتـــسامات). منـــشورات جامعـــة حلب، حلب، /٢٥٩/ ص.

٢- جزمـاتي سـامح، ١٩٦٩ – المـساحة والجيوديزيـا. منـشورات جامعـة حلـب، حلب، /٤٠٣/ص.

٣- خـانجي جـلال الـدين، ٢٠٠٣ – القبلـة وتحديـدها بـين الفقـه والفلـك والهندسة. المؤتمر الفلكي الإسلامي الثالث، عمّان.

٤- BOGAYEVCKY L.M. and VAKHRAMYEVA L.A. ١٩٩٢- Geodezya . Kartographicheckeye proektcy . Nedra, Moscow , ٢٩٣

٥- JOHN P . SNYDER , ١٩٨٩ - An album of map projections. U. S . Geological survey, Denver , ٢٤٠ .

٦- PHILIP G . , ١٩٧٣ - Coordinate system and map projections . London , ٢٥٥ .

٧- King David A, ١٩٩٩ – World-Map For Finding The Direction And Distance To Mecca. Netherland, ٣٩٩.